



Universidad de Granada

## Redes Multiservicio

Grado en Ing. Informática

### Práctica 1

Configuración de un *router* para la provisión de calidad de servicio según SLA.



Dpt. Teoría de la Señal,  
Telemática y comunicaciones

# Práctica 1

## Configuración de un *router* para la provisión de calidad de servicio según SLA (6h, 1.5 ptos)

---

### Objetivos

- Caracterizar el tráfico de aplicaciones multimedia con requisitos de tiempo real.
- Configurar un router para proporcionar QoS a aplicaciones.
- Identificar la configuración de los mecanismos de provisión de QoS para cumplir un acuerdo de nivel de servicio (SLA) básico.

### Tareas a realizar:

La realización de esta práctica tiene varias partes. Para empezar, se analizará el tráfico generado por varias aplicaciones de red con requisitos de QoS. Después se configurará varios mecanismos de provisión de QoS en un *router* Cisco, para mejorar la calidad de servicio obtenida. Finalmente, se realizará la configuración necesaria para proporcionar la QoS que requiere un SLA básico.

Como resultado, se mostrará su ejecución, y se entregará un informe mostrando cómo se ha resuelto cada uno de los apartados propuestos.

Las tareas a realizar son las siguientes:

0.- (0.25 puntos) Configure los ordenadores y los *routers* correspondientes para obtener el entorno del laboratorio que se describe en la sección "A.0. Entorno de experimentación"

1.- (0.25 puntos) Caracterice el tráfico que generan dos aplicaciones, mediante el uso del generador de tráfico ITG y el analizador de tráfico *ethereal*. Para ello, siga las especificaciones indicadas en el apartado: "A.1. Caracterización de distintos tipos de tráfico". La sintaxis básica del generador de tráfico puede consultarla en la sección "B. Sintaxis del generador de tráfico D-ITG". Debe contestar a las preguntas<sup>1</sup>:

- a) ¿Qué tasa de transferencia media y máxima requiere la aplicación Quake3?
- b) ¿Qué tasa de transferencia media y máxima requiere la aplicación de VoIP?
- c) (opcional, +0.25 puntos) Exporte los datos a CSV o texto plano, y analice con otra herramienta los retardos entre paquetes y los tamaños de los mismos. Preséntelos como histogramas.

---

1 Sugerencia: ejecutar *ethereal* en el receptor. Lanzar las aplicaciones con un script.



Universidad de Granada

## Redes Multiservicio

Grado en Ing. Informática

### Práctica 1

Configuración de un *router* para la provisión de calidad de servicio según SLA.



Dpt. Teoría de la Señal,  
Telemática y comunicaciones

2.- (0.25 puntos) Ejecute el generador de paquetes ITG para simular una fuente de tráfico elástico y otra con tráfico inelástico. Configure los *routers* según se especifica en el apartado: "A.2. Tráfico elástico e inelástico". La sintaxis básica del generador de tráfico puede consultarla en la sección "B. Sintaxis del generador de tráfico D-ITG". Debe contestar a la siguiente pregunta:

- a) ¿Qué ocurre cuando ambos tipos de tráfico pasan por en el mismo router cuando se produce congestión?

3.- (0.25 puntos) Genere varios flujos TCP que compitan por el ancho de banda disponible.

- a) ¿Qué ocurre? ¿Cuál obtiene mayor tasa de transmisión?

4.- (0.5 puntos) Compare el efecto de configurar en el *router* una política de verificación de conformidad (*policing*) y un esquema de conformado de tráfico (*shaping*) para un mismo flujo de tráfico. Configure los *routers* según se especifica en el apartado: "A.3. Efecto de *policing* y *shaping*". (Vea además las secciones "C. configuración de clases de tráfico", "D. Configuración de *policing*" y "E. Configuración de *shaper* por clases de tráfico"). Debe contestar a la siguiente cuestión:

- a) ¿Qué diferencia observa en el tráfico tras usar *policing* y *shaping*?

5.- (0.5 puntos) Configure el *router* para que ofrezca la QoS requerida por el acuerdo de nivel de servicio (SLA, *Service Level Agreement*) indicado en el apartado: "A.4. Configuración de SLA básico". Compruebe dicha configuración. Debe especificar razonadamente la configuración que propone y evaluarla.

6.- (Opcional, + 0.25 puntos) Genere tráfico de vídeo, y caracterícelo, y calcule los parámetros más restrictivos del *policing* que permita recibir el vídeo con calidad. Para ello, utilice *gstreamer* y *wireshark* desde Ubuntu 12.04 como se indica en el apartado: "A.5. Uso básico de *gstreamer*".

### Nota importante:

La realización de la práctica es por parejas. Situaos en los puestos: Px/1 y Px/2 o Px/3 y Px/4 dentro de una misma isla. Los PCs deben arrancarse en *Red aislada* → *Fedora Core 4* o *Red aislada* → *Ubuntu 12.04*.



Universidad de Granada

## Redes Multiservicio

Grado en Ing. Informática

### Práctica 1

Configuración de un *router* para la provisión de calidad de servicio según SLA.



Dpt. Teoría de la Señal,  
Telemática y comunicaciones

## A.0. Entorno de experimentación

Para realizar las tareas, es necesario configurar las islas según la Figura 1:

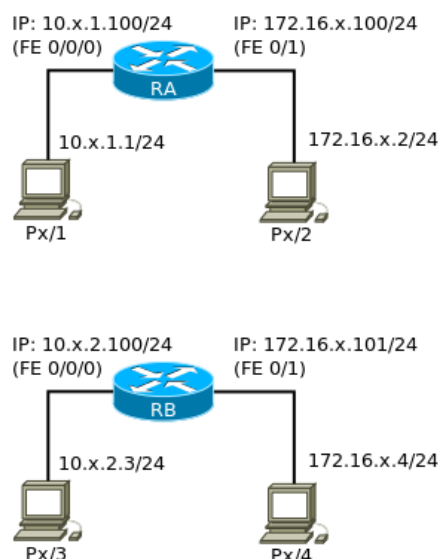


Figura 1: Topologías de red para la práctica.

Se trabajará por parejas, eligiendo los ordenadores px/1-px/2 o px/3-px/4. Para ello, es necesario realizar los siguientes cambios a la configuración por defecto del laboratorio:

1.- Deshabilitar las tarjetas correspondientes de los ordenadores para obligar a que se alcancen a través de los *routers*, según la tabla . Para deshabilitar las interfaces, se puede seguir la siguiente sintaxis:

```
# ifconfig <tarjeta> down
```

Para comprobar qué dirección IP tiene una tarjeta o interfaz de red, simplemente hay que ejecutar:

```
# ifconfig <tarjeta>
```

Para comprobar la configuración básica de todas las interfaces de red se ejecuta:

```
# ifconfig
```



Universidad de Granada

## Redes Multiservicio

Grado en Ing. Informática

### Práctica 1

Configuración de un *router* para la provisión de calidad de servicio según SLA.



Dpt. Teoría de la Señal,  
Telemática y comunicaciones

Puesto	Tarjetas a deshabilitar	Tarjeta habilitada	Pasarela por defecto
Px/1	10.x.2.1/24, 172.16.x.1/24	10.x.1.1/24	10.x.1.100
Px/2	10.x.2.2/24, 10.x.1.2/24	172.16.x.2/24	172.16.x.100
Px/3	10.x.1.3/24, 172.16.x.3/24	10.x.2.3/24	10.x.2.100
Px/4	10.x.2.4/24, 10.x.1.4/24	172.16.x.4/24	172.16.x.101

Tabla 1: configuración de las interfaces de red de los ordenadores para la práctica (x = número de la isla).

2.- Configurar la pasarela por defecto en cada ordenador, según la tabla 1. Para configurarla se puede seguir la siguiente sintaxis:

```
# route add default gw <dirección-ip-router>
```

Consultad la Figura 1 para identificar la dirección IP del *router* asociado a vuestro puesto de trabajo.

3.- Comprobar que la configuración es correcta. Para ello, utilizar la herramienta *tracert*:

```
# traceroute -n <dirección-IP-ordenador-de-otra-pareja>
```

## A.1. Caracterización de distintos tipos de tráfico

Cada aplicación suele generar un tipo de tráfico que puede caracterizarse. Por lo general, los requisitos de QoS de estas aplicaciones es conocida a priori (p.e., para VoIP con el códec G711, se requiere al menos 64kbps, y un retardo máximo de 300ms). Sin embargo, hay otro tipo de tráfico que es necesario analizar, para identificar la tasa de transferencia que requiere, etc. En esta práctica utilizaremos *Ethereal*, una versión anterior de *Wireshark*, para caracterizar la tasa de transferencia de dos aplicaciones.

*Ethereal* es un capturador de paquetes, que permite analizar tanto paquetes individuales como flujos completos. Su opción de filtrar tráfico permite seleccionar flujos concretos. Además, puede mostrar en tiempo real la tasa de tráfico recibido en una gráfica. Para ello, arranque la herramienta *ethereal*, y configure en "Captura → Opciones" la opción de "Actualización de lista de paquetes en tiempo real". Además, se puede seleccionar la interfaz que se va a monitorizar, como aparece en la Figura 2.



Universidad de Granada

## Redes Multiservicio

Grado en Ing. Informática

### Práctica 1

Configuración de un router para la provisión de calidad de servicio según SLA.



Dpt. Teoría de la Señal,  
Telemática y comunicaciones

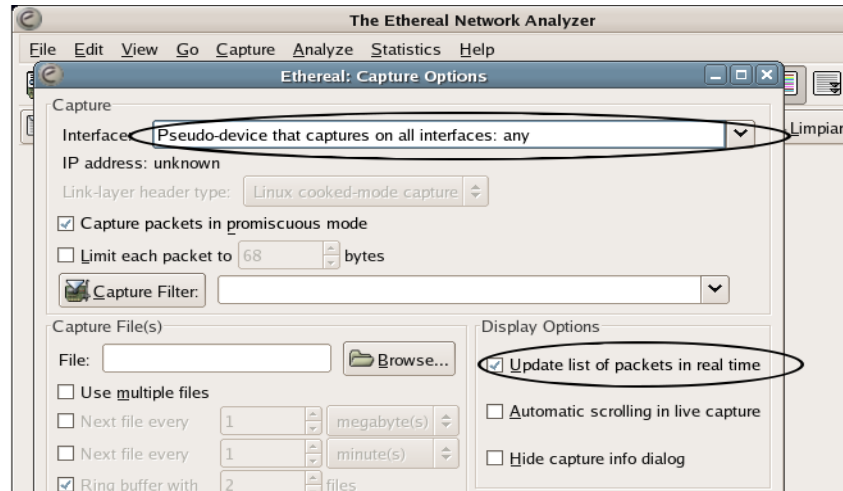


Figura 2: Opciones de captura de ethereal.

Tras pulsar “Capturar”, en “Estadísticas → gráfico de entrada/salida” (Fig. 3), se puede ver en tiempo real la tasa de transferencia del tráfico recibido. Además, se pueden especificar filtros de tráfico mediante expresiones (p.e.: tráfico HTTP → “tcp.port==80”), como se puede apreciar en la figura 4.

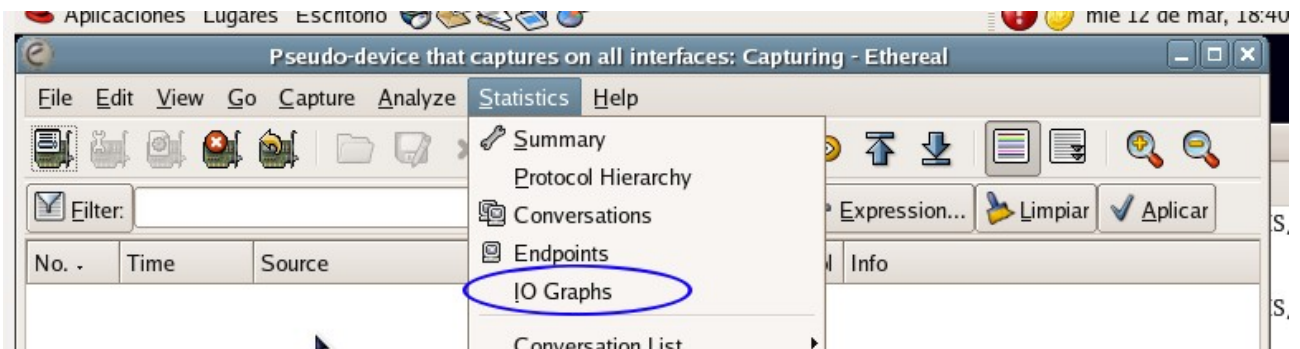


Figura 3: Gráficas de entrada/salida.



Universidad de Granada

**Redes Multiservicio**  
Grado en Ing. Informática

### Práctica 1

Configuración de un router para la provisión de calidad de servicio según SLA.



**Dpt. Teoría de la Señal,  
Telemática y comunicaciones**

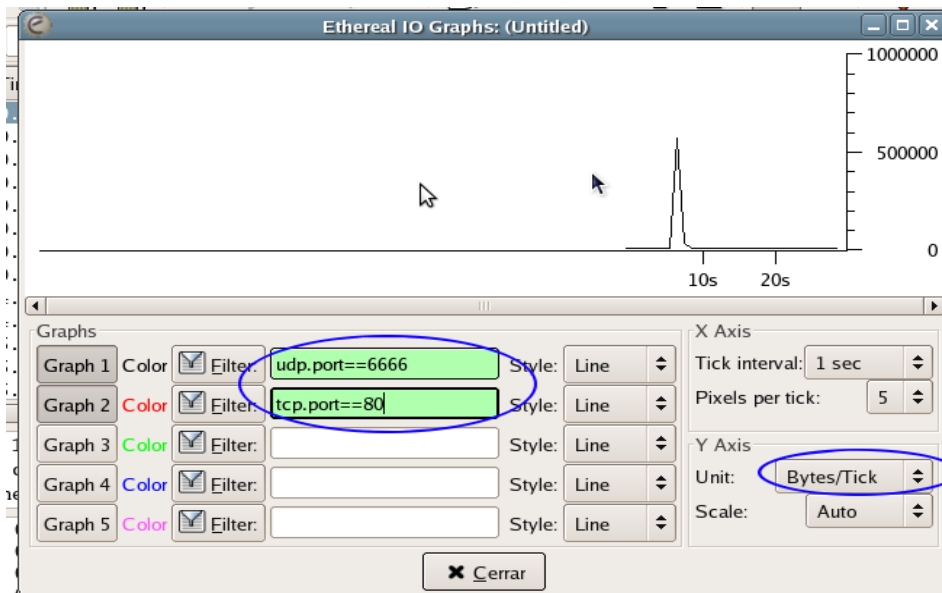


Figura 4: Ventana de figuras de tráfico capturado, expresadas en bytes/s.

Además de observar en esta ventana la tasa de datos media de cada tipo de tráfico, es posible hacer estudios más profundos sobre el tráfico, identificando retardo entre paquetes, tamaños medios de paquete, etc., si se exportan los datos de los paquetes seleccionados a formatos como CSV o texto plano (ver en: “Archivo → exportar”).

## A.2. Tráfico elástico e inelástico

Para este ejercicio, hace falta generar un flujo de paquetes UDP y otro TCP, de bitrate constante, que compartan el ancho de banda disponible. Para ello:

1.- Limite la tasa que permite el enlace entre el router y el segundo ordenador (px/2 ó px/4) a 2Mbps. Para ello se puede utilizar la opción “rate-limit” en la interfaz del *router* dentro de la configuración del mismo.

```
R1_A# configure terminal
R1_A(config)#interface fastEthernet 0/1
R1_A(config-if)#rate-limit output 2000000 15000 20000 conform-action
transmit exceed-action drop
```

2.- Utilice un *script* con ITGSend con la opción “-T UDP” y “-T TCP”, ambos a una tasa de 1200kbps durante 20 segundos.

3.- Monitoree con Ethereal la tasa de transferencia en el receptor.



Universidad de Granada

## Redes Multiservicio

Grado en Ing. Informática

### Práctica 1

Configuración de un *router* para la provisión de calidad de servicio según SLA.



Dpt. Teoría de la Señal,  
Telemática y comunicaciones

**¡Atención!** Antes de continuar con el siguiente ejercicio no olvide desactivar la limitación de la tasa de transmisión con el modificador “no”:

```
R1_A# configure terminal
R1_A(config)#interface fastEthernet 0/1
R1_A(config-if)# no rate-limit output 2000000 15000 20000 conform-action
transmit exceed-action drop
```

## A.3. Efecto de *policing* y *shaping*

Para este ejercicio es necesario definir para una clase de tráfico una política que use un *policer* y luego un *shaper*, y comparar los resultados de tráfico que generan mediante *ethereal*. Por ello, se aconseja seguir los siguientes pasos:

- 1.- Genere con ITGSend un flujo de tráfico Quake3, con puerto de destino 6666.
- 2.- Defina la clase de tráfico QUAKE3, con el tráfico UDP que vaya dirigido al puerto 6666.
- 3.- Asigne una política de QoS con *police* a 112000bps y asígnesela a la interfaz FastEthernet 0/1 del router.
- 4.- Asigne una política de QoS con *shape* a 112000bps y asígnesela a la interfaz FastEthernet 0/1 del router.

Nota: Si ya está asignada la política a un interfaz, al redefinir la política, se aplica automáticamente. De esa manera se puede ver instantáneamente el efecto de uno u otro mecanismo.

## A.4. Configuración de SLA básico

Un SLA define el contrato entre cliente y proveedor de servicios. En esta práctica vamos a configurar el *router* para que aplique un SLA que satisfaga las siguientes condiciones:

- El tráfico de voz sobre IP (VoIP) tendrá prioridad, con 80kbps garantizados.
- El tráfico de Quake3 estará conformado a 112kbps.
- El resto del tráfico se debe limitar a 2Mbps. Cualquier tráfico que sobre pase estos umbrales debe ser descartado.





Universidad de Granada

## Redes Multiservicio

Grado en Ing. Informática

### Práctica 1

Configuración de un *router* para la provisión de calidad de servicio según SLA.



Dpt. Teoría de la Señal,  
Telemática y comunicaciones

Para probarlo, generar el siguiente patrón de tráfico, y monitorice el tráfico que se recibe:

- Genere un flujo de VoIP.
- Genere 3 flujos diferentes de tráfico UDP a distintos puertos, con una tasa de 800kbps cada uno.
- Genere un flujo de tráfico Quake3.

## A.5. Configuración básica de *gststreamer*

Para generar tráfico de vídeo, se puede utilizar la librería *gststreamer* [GSTREAMER] para capturar vídeo y enviarlo mediante con el protocolo RTP. Para ello, si deseamos codificar el vídeo con el códec h.264 al puerto 554, en el receptor (con IP=10.6.2.2) se puede usar la siguiente línea:

```
# gst-launch-0.10 udpsrc port=554 ! "application/x-rtp,payload=127" !  
rtph264depay ! ffdec_h264 ! xvimagesink sync=false
```

Por otro lado, en el emisor hace falta ejecutar la siguiente línea:

```
# gst-launch-0.10 v4l2src device=/dev/video0 !  
'video/x-raw-yuv,width=320,height=240' ! x264enc pass=qual quantizer=20  
tune=zerolatency ! rtph264pay ! udpsink host=10.6.2.2 port=554
```

## B. Sintaxis del generador de tráfico D-ITG

La herramienta **D-ITG** (*Distributed Internet Traffic Generator*, [ITG12]), permite generar tráfico de red de forma configurable. Además, incluye modelos que le permiten inyectar el tráfico que generan aplicaciones conocidas.

Descárguela del material adicional de la práctica 1 en la web de la asignatura ([http://dtstc.ugr.es/it/ii\\_rm/index.php](http://dtstc.ugr.es/it/ii_rm/index.php)). Descomprima el archivo y siga los comandos típicos para cualquier compilación e instalación en linux:

```
# cd <directorio descomprimido>/src  
# make
```

Tras esto, los ejecutables se encuentran en el directorio bin.

El funcionamiento de ITG requiere lanzar la aplicación receptora (ITGRecv) en el ordenador donde va destinado el tráfico, con la siguiente sintaxis:

```
# ./ITGRecv
```

Además, es necesario lanzar la parte emisora de tráfico (ITGSend), a la que se





Universidad de Granada

## Redes Multiservicio

Grado en Ing. Informática

### Práctica 1

Configuración de un router para la provisión de calidad de servicio según SLA.



Dpt. Teoría de la Señal,  
Telemática y comunicaciones

le puede indicar distintos parámetros que regulan el tráfico que se generará. La sintaxis básica de la herramienta es:

```
# ./ITGSend -a <dirección-IP-destino> -rp <puerto-destino> -t
<duración-de-envío-de-paquetes-en-ms> -l <fichero-con-resultados> -C
<tasa-de-paquetes-por-segundo> -c <tamaño-de-paquete> -T
<protocolo-a-generar: UDP, TCP, SCTP...> -d <retraso-inicial> -z
<número-de-paquetes>
```

Con la sintaxis anterior podemos generar tráfico sintético con una tasa de bits constante. No obstante, es posible generar tráfico más realista indicando que siga distribuciones de periodos entre paquetes y tamaños de paquetes (ejecutar ./ITGSend -help para más información).

Para generar tráfico de aplicaciones conocidas (como Quake3 o VoIP), podemos seguir la siguiente sintaxis:

```
# ./ITGSend -a <dirección-IP-destino> -rp <puerto-destino> -t
<duración-de-envío-de-paquetes-en-ms> -l <fichero-con-resultados>
<Aplicación: Quake3, VoIP, CSa, etc.>
```

Tras la ejecución de la herramienta, los resultados pueden examinarse mediante la herramienta ITGDec:

```
# ./ITGDec <fichero-con-resultados>
```

Si necesitamos generar varios flujos de tráfico, podemos crear un *script* con la configuración de cada flujo a generar. Dicho *script* consiste en una secuencia de línea con la sintaxis de especificación de tráfico descrita. Por ejemplo, con las siguientes líneas se generaría durante 10s tráfico de voz sobre IP y del juego Quake3:

```
# cat > script.txt
-a localhost -rp 3000 -t 20000 VoIP
-a localhost -rp 3001 -t 20000 Quake3

# ./ITGSend script.txt -l script.log
```

## C. Configuración de clases de tráfico

El primer paso para hacer un trato diferenciado de tráfico, es la clasificación de paquetes. Esta clasificación puede llevarse a cabo considerando campos de los protocolos de distintas capas de red. Dependiendo del dispositivo que se utilice, los campos seleccionables son diferentes. Hay que tener en cuenta que la clasificación puede ser un proceso costoso, si se utilizan campos de protocolos complejos.

En IOS de CISCO es posible realizar la clasificación mediante “class-map” y “access-list”. Por ejemplo, para definir una clase de tráfico correspondiente a un



Universidad de Granada

## Redes Multiservicio

Grado en Ing. Informática

### Práctica 1

Configuración de un *router* para la provisión de calidad de servicio según SLA.



Dpt. Teoría de la Señal,  
Telemática y comunicaciones

protocolo basado en UDP y con el puerto 9999, se puede seguir los siguientes pasos:

1.- Crear una lista de acceso con identificador de 100 a 199 (son los que pueden tener patrones de paquetes extendidos, para elegir protocolo y puerto). En este caso, las direcciones origen y destino son cualquiera (any) y el puerto es igual (eq 9999).

```
# configure terminal
R6_A(config)#access-list 120 permit udp any any eq 9999
```

2.- Crear una clase basada en la lista de acceso. Aunque se pueden crear las clases especificando patrones de protocolos mediante *class-map*, el uso de *access-list* permite especificar patrones más versátiles. En el siguiente ejemplo, se crea una clase llamada: "TRAFICODEFONDO", que ha de cumplir cualquiera de las reglas que se especifiquen para dicha clase. Una de las reglas para la clase es que todos los paquetes que coincidan con la lista de acceso 120 pertenecen a esta clase.

```
R6_A(config)# class-map match-any CLASETRAFICODEFONDO
R6_A(config-cmap)# match access-group 120
R6_A(config-cmap)# description "Tráfico de fondo al puerto 9999"
```

A partir de esta definición, se podrá utilizar esta clase para aplicarle políticas de *policing* o *shaping* en distintas interfaces de red.

**nota:** Existe un tipo de clase predefinido que puede usarse en las políticas de QoS: *class-default*.

## D. Configuración de *policing*

La verificación de la conformación de tráfico (*policing*) consiste en comprobar que el tráfico de paquetes cumple una especificación de tráfico. Si supera los límites definidos en los patrones, se lleva a cabo una acción sobre el paquete recibido. Estas acciones suelen ser descartar el paquete o marcarlo.

El *policing* se suele ejecutar a la entrada del *router* de acceso a la red. Así se puede controlar el flujo de tráfico que llega a una red, y predecir cómo se va a comportar la red, y qué QoS puede ofrecer (retardo, ancho de banda, paquetes perdidos, *jitter*...).

Para configurar las políticas de QoS para una interfaz determinada, es necesario seguir estos pasos: definir una clase con *class-map*, definir una política que incluya las clases de tráfico que queramos tratar con *policy-map*, y finalmente asignar dicha política a la interfaz que se desee mediante *service-policy*, indicando si se ha de aplicar a la entrada (input) o salida (output).

Por ejemplo, para configurar el *policing* en la interfaz de entrada, descartando paquetes para la clase "CLASETRAFICODEFONDO", de forma que limite a 100kbps



Universidad de Granada

## Redes Multiservicio

Grado en Ing. Informática

### Práctica 1

Configuración de un router para la provisión de calidad de servicio según SLA.



Dpt. Teoría de la Señal,  
Telemática y comunicaciones

para dicha clase, se puede usar la siguiente configuración con police-map<sup>2</sup>:

```
# configure terminal
R6_A(config)# policy-map SLA0
R6_A(config-pmap)# class CLASETRAFICODEFONDO
R6_A(config-pmap-c)# police 100000 conform-action transmit exceed-action drop
```

Tras definir la política asociada a dicha clase de tráfico, es necesario asignársela a la interfaz de entrada en la que se quiera aplicar el *policing*:

```
R6_A(config)# interface FastEthernet 0/1
R6_A(config-if)# service-policy output SLA0
```

Para dejar de utilizar la política basta con ejecutar el comando anterior precedido del comando `no`.

```
R6_A(config-if)# no service-policy output SLA0
```

## E. Configuración del shaper por clases de tráfico

Otro mecanismo de provisión de QoS, que permite modificar el patrón de tráfico de salida de un router para que los paquetes sigan un tráfico regular, sin picos, es el *traffic shaping*, o conformación de tráfico.

El funcionamiento del *traffic shaper* se basa en el modelo de *token-bucket*. La configuración es similar a la del *policing*. P.e., para conformar la clase de tráfico CLASETRAFICODEFONDO2 a 100kbps:

```
# configure terminal
R6_A(config)# police-map SLA1
R6_A(config-pmap)# class CLASETRAFICODEFONDO2
R6_A(config-pmap-c)# shape average 100000
R6_A(config-pmap-c)# exit
R6_A(config-pmap)# exit
R6_A(config)# interface fastEthernet 0/1
R6_A(config-if)# service-policy output SLA1
```

## Consideraciones adicionales

- Para apagar los PCs ejecutad el siguiente comando (con permisos de superusuario) desde terminal:

```
# poweroff
```

<sup>2</sup> [http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12\\_2/qos/command/reference/qrfcmd6.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_2/qos/command/reference/qrfcmd6.html)



Universidad de Granada

## Redes Multiservicio

Grado en Ing. Informática

### Práctica 1

Configuración de un *router* para la provisión de calidad de servicio según SLA.



Dpt. Teoría de la Señal,  
Telemática y comunicaciones

- Algunas interfaces USB del laboratorio no funcionan correctamente y es necesario insertar la memoria USB en el puerto trasero (en lugar de los frontales).
- La herramienta ITG se puede descargar del material adicional de la práctica 1.: [http://dtstc.ugr.es/it/ii\\_rm/index.php](http://dtstc.ugr.es/it/ii_rm/index.php)

### **Bibliografía básica y complementaria:**

- **[ETHEREAL] [WIRESHARK] “WireShark. User's guide.”,** <http://www.wireshark.org/docs/>
- **[ITG12]** A. Botta, A. Dainotti, A. Pescapè, **"A tool for the generation of realistic network workload for emerging networking scenarios"**, *Computer Networks* (Elsevier), 2012, Volume 56, Issue 15, pp 3531-3547.